



**You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: O wykładach i eksperymentach : po co nam eksperyment w dydaktyce?

Author: Jerzy Jarosz

Citation style: Jarosz Jerzy. (2014). O wykładach i eksperymentach : po co nam eksperyment w dydaktyce? W: B. Kożusznik, J. Polak (red.), "Uczyć z pasją : wskazówki dla nauczycieli akademickich" (s. 121-136). Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



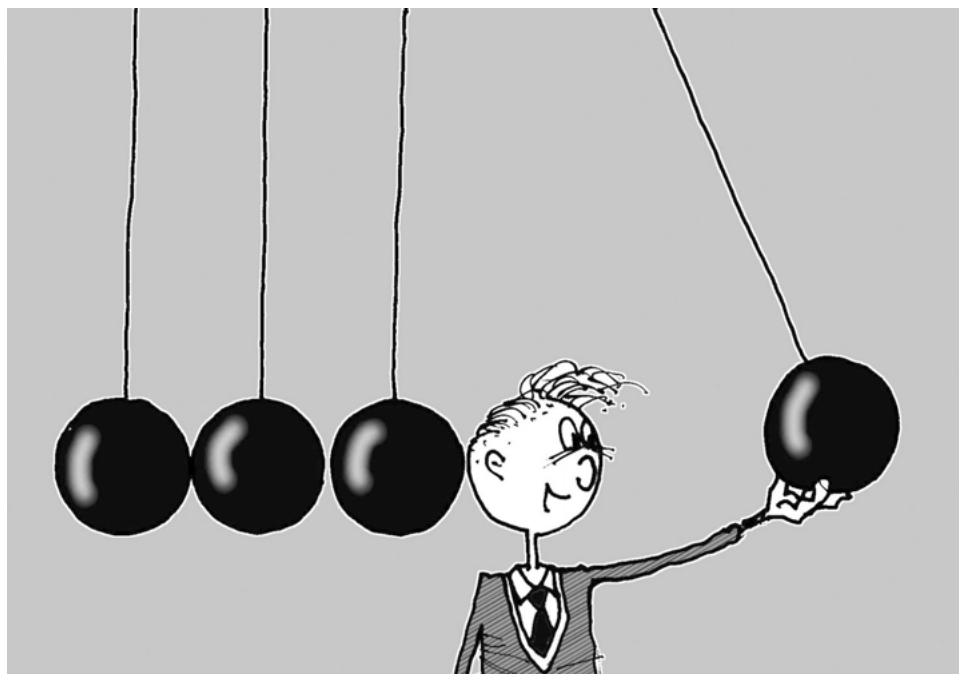
UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Jerzy Jarosz

Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii

O wykładach i eksperymentach Po co nam eksperyment w dydaktyce?

1. O wykładach

Najczęstszą formą zajęć dydaktycznych prowadzonych przez nauczycieli akademickich dla studentów jest bez wątpienia wykład. Indywidualny sposób prowadzenia wykładów bywa bardzo różny. Kształtuje się na ogół inspirowany doświadczeniami z okresu studiów i pierwszych lat pracy dydaktycznej wykładowców, będąc swoistą kompozycją przyswojonych wzorców, założonych celów, jakie wykład ma osiągać oraz indywidualnych predyspozycji. Na to wszystko nakłada się przygotowanie dydaktyczne (a najczęściej jego brak) i osobowość wykładowcy.

Wiadomo, że przygotowanie nowego wykładu zajmuje bardzo dużo czasu i kosztuje sporo wysiłku. Znany fizyk — William Bragg — twierdził, że dobre przygotowanie godzinnego wykładu powinno trwać około miesiąca! Nawet prowadząc dla studentów, po raz kolejny, wykład z określonej dziedziny, trzeba się do niego przygotowywać, uzupełniać go i zmieniać. W przeciwnym razie wykłady tracą atut akademickiej przygody intelektualnej i zamieniają się w „realizację programu”. Jednak, aby merytoryczna wartość wykładu w ogóle mogła zostać doceniona przez studentów, wcześniej musi zostać spełniony jeden podstawowy warunek: treść wykładu musi zostać odebrana i zrozumiana przez słuchaczy. Wydawać by się mogło, że to oczywiste. Skoro wygłaszamy wykład i wiadomo, że będziemy wymagali znajomości omawianych zagadnień na egzaminie, uwaga audytorium powinna być automatycznie skupiona na tym, co mówimy, a treść wykładu, jeśli nawet nie do końca rozumiana, powinna być odbierana i konotowana. Często jednak tak nie jest, a przyczyny bywają bardzo różne. Najprostsze z nich (i wcale nie najrzadsze) to najzwyczajniejsze, fizyczne przeszkody uniemożliwiające komunikację. Jedną z nich jest na przykład niedostosowanie głosu do warunków sali wykładowej. Zdarza się, że wykładowcy przekonani o sile swojego głosu nie używają mikrofonu nawet na dużych salach audytoryjnych. W rzeczywistości mówią zbyt cicho i po prostu nie są słyszani w dalszych rzędach. Zdarza się też, że mikrofon, co prawda jest używany, ale nie wszystko co jest mówione, jest mówione do mikrofonu. Niejeden dobry wykład został w ten sposób całkowicie pogrzebany. Na szczęście proste problemy mają proste rozwiązania. Znakomitym rozwiązaniem, eliminującym kłopoty ze słyszalnością jest stosowanie mikrofonu nagłownego, który nie tylko jest zawsze tam gdzie powinien, ale co trudno wręcz przecenić, zapewnia także swobodę obu rąk. To z kolei zdecydowanie poprawia komfort równoczesnego mówienia i pisania, gestykulacji, a dla wykładowców prezentujących w czasie wykładu eksperymenty jest zabiegiem wręcz niezbędnym, umożliwiającym jakiekolwiek działanie.

2. Wykładowcy

Oprócz problemów technicznych, takich jak wspomniane trudności ze słyszalnością, na wykładowców czyhają też inne niebezpieczeństwa. Często przyczyną niepowodzeń (zwłaszcza wśród mniej doświadczonych wykładowców) bywa niewłaściwe tempo wykładu. Oczekujemy od studentów nadążania za tokiem rozumowania, śledzenia naszych wniosków i dygresji, uwzględniania wielu założeń i przesłanek, czasem nawet tych, o których w ogóle nie wspomnieliśmy, a wszystko to w tempie naturalnym dla nas. Tyle tylko, że my w przeciwieństwie do studentów, właśnie powtórzyliśmy i przemyśleliśmy tę partię materiału przygotowując wykład. Rezultat jest raczej opłakany — słuchacze nie nadążają za wykładem, nudzą się, w najlepszym razie notują wszystko, ale i tak będą musieli zrozumieć wykład dopiero później, zastanawiając się nad notatkami i szukając informacji w literaturze.

Wbrew pozorom, dobranie odpowiedniego tempa wykładu wcale nie jest takie proste. Przede wszystkim trzeba odróżnić tempo wykładu, rozumiane jako szybkość wprowadzania nowych pojęć i równań oraz ukazywania związków budujących strukturę wiedzy, od szybkości, z jaką wypowiadamy słowa i wysyłamy komunikaty werbalne. Tempo wykładu nie może być zbyt szybkie, natomiast tempo „omawiania wykładu” nie może być zbyt wolne. Wynika to bezpośrednio z budowy i specyfiki działania naszego mózgu. O ile dostrzeżenie omawianych zależności i uświadomienie sobie ich znaczenia i konsekwencji zabiera nam sporo czasu, o tyle samo rozumienie mowy jest procesem bardzo szybkim. Tempo wykładu powinno być oczywiście warunkowane czasem niezbędnym do przyswojenia i poukładania przekazywanych treści, całkiem inną rzeczą jest natomiast szybkość, z jaką mówimy. Porównując czas konieczny do wysłania komunikatu werbalnego (zamiany myśli na właściwe słowa w odpowiednim ośrodku mózgu, wydania właściwych poleceń dla mięśni kontrolujących aparat mowy i w końcu wypowiedzenia tych słów) z czasem koniecznym do odbioru tego komunikatu, możliwości mówcy okazują się kilkakrotnie mniejsze niż możliwości słuchaczy. Innymi słowy, wykładowca zawsze dostarcza informacje werbalne znacznie wolniej niż słuchacz mógłby je odbierać. W rezultacie, część uwagi słuchaczy może być poświęcana na inne cele. Aby utrzymać uwagę audytorium, przekaz językowy musi być więc uzupełniany kanałami pozawerbalnymi. Co więcej, jeśli widząc słabnącą uwagę audytorium, wykładowca zwolni tempo wypowiedzi, aby być lepiej rozumianym, skutek będzie odwrotny od zamierzonego i uwaga słuchaczy rozproszy się do reszty.

Prowadzenie wykładu jest więc pewnego rodzaju sztuką — wyważeniem odpowiednich proporcji tempa wykładu i szybkości przekazu językowego. Niestety dobra słyszalność i odpowiednie tempo to wciąż tylko niektóre warunki konieczne, umożliwiające studentom wysłuchanie wykładu ze zrozumieniem. Żeby zarobić wśród studentów na opinię dobrego wykładowcy, trzeba postarać się znacznie bardziej. Najważniejsze jest bez wątpienia dobre przygotowanie wykładu, które — oprócz dogłębnego przemyślenia tematu — obejmuje również precyzyjne zaplanowanie tego, co chcemy powiedzieć. Co ciekawe, choć nie zawsze oczywiste, nawet głęboka i dobrze ugruntowana wiedza merytoryczna, dbałość o dobrą słyszalność i kontrolowanie właściwego tempa wykładu wciąż jeszcze nie czyni z nas dobrych wykładowców. Wymagania są większe.

3. Wykładowcy w anegdocie

Aby nie szukać za blisko, posłużmy się tu przykładami historycznymi. Analizując sylwetki wielkich uczonych, można znaleźć wśród nich zarówno świetnych, jak i co najmniej kiepskich wykładowców. Bardzo interesującej lektury dostarcza w tym względzie książka *Uczeni w anegdocie*¹. Jest ona kopalnią barwnych anegdot i przykładów, często zaskakujących czytelnika, które znakomicie nadają się jako ilustracja poruszanych tu zagadnień. Do grona złych i nie lubianych przez studentów wykładowców należał na przykład słynny niemiecki uczony Hermann Helmholtz. Max Planck wspomina, że Helmholtz widocznie nigdy nie przygotowywał swoich wykładów starannie, zacinął się podczas ich wygłaszania, wyszukiwał potrzebne dane w małym notesiku, często mylił się w rachunkach i słuchacze odnosili wrażenie, że nudził się na wykładach co najmniej tak samo jak i oni. Jeszcze gorszym wykładowcą był Niels Bohr. Carl von Waizsäcker wspominając jeden z jego wykładów na konferencji w Kopenhadze, opowiadał, że słuchacze byli sfrustrowani, gdyż Bohr mówił — jak zwykle — mało zrozumiale, urywanymi zdaniami, mieszaniną duńskiego, niemieckiego i angielskiego. W prawej ręce trzymał kredę, którą pisał na tablicy wzory, a w lewej gąbkę, którą te wzory niemal natychmiast ścierał. Sytuację trochę poprawiło głośne żądanie Paula Ehrenfesta, który oznajmił: „Bohr, proszę mi oddać gąbkę!” i trzymał ją potem już do końca wykładu.

¹ A.K. WRÓBLEWSKI: *Uczeni w anegdocie*. Wyd. Prószyński i S-ka SA, 1999. Wszystkie anegdoty o uczonych zamieszczone w tym rozdziale zaczerpnięto z pozycji 1.

Sam wielki Isaac Newton, również nie był lubiany jako wykładowca. Jego wykłady były trudne, ale — co dużo gorsze — również nudne. Bywało więc, że studenci w ogóle na nie nie uczęszczali. Do nielubianych wykładowców należał także Gustav Kirchhoff, który przygotowywał wykłady bardzo starannie, formułując precyzyjnie wyważone zdania, co sprawiało jednak, że jego wykłady były suche i monotonne. Taki sposób przekazywania wiedzy nie jest tym, co studenci lubią najbardziej.

Znacznie lepiej ze studentami radził sobie sławny fizyk rosyjski Lew Landau. Otóż Landau bardzo często podczas wykładów zwykł był przerywać rozważany temat i mówiąc: „a teraz pomyślmy głośno”, zaczynał jakiś nowy wątek. Gdy następnie zappełniał tablicę wzorami, słuchacze mieli wrażenie, że odkrywają nowości wraz z wykładowcą. Wtajemniczeni wiedzieli jednak, że te „improwizacje” były przez Landaua zawczasu bardzo starannie przygotowywane.

Wykłady wygłaszane z pasją porywają słuchaczy i odbierane są stokroć lepiej niż te, choćby nawet perfekcyjnie przygotowane, lecz wygłaszane beznamiętnie. Decyduje o tym specyfika naszego „oprogramowania” — mechanizmy lustrzane, w które wyposażone są nasze mózgi. Kopiują one nastroje, nastawienia i stany emocjonalne osób, które obserwujemy. W relacji wykładowca — audytorium, powodują przejęcie przez słuchaczy od wykładowcy jego aktualnego nastawienia do omawianego tematu. Równie dobrze możemy więc zarazić studentów entuzjazmem, jak i rutynowym znudzeniem.

Poczucie, że odkrywamy fascynujące tajemnice nauki jest znacznie miłsze niż świadomość, że realizujemy systematycznie program. To właśnie ta różnica sprawia, że studenci nie muszą, lecz chcą nas słuchać. Dobry wykładowca musi być lubiany przez studentów. Ten warunek jest absolutnie konieczny. Jeśli nie jest spełniony, możemy już być, co najwyżej tylko dobrymi naukowcami.

4. Studenci

Uwagę studentów znacznie łatwiej jest pozyskać na dalszych latach studiów. Wykłady wówczas, odbiegają już wyraźnie stylem od dydaktyki szkolnej. Tematyka wiąże się ściślej ze specjalnościami wybranymi przez studentów, a wiedzy przekazywanej na wykładach nie da się znaleźć w żadnych podręcznikach. Wówczas inny jest też poziom motywacji studentów, którzy często sami są już współautorami

lub nawet samodzielny autorami publikacji naukowych z wybranych specjalności.

Wykłady ogólne, prowadzone na początkowych latach studiów, nie mają jeszcze tego waloru, kierowane są do ogółu studentów i z konieczności bardziej przypominają zaawansowane lekcje niż wprowadzanie w przyszłą pracę naukową.

Studenci chcą więc nas słuchać z dwóch powodów. Pierwszym jest radosne poczucie odkrywania fascynującego świata nauki i poznawcze przyjemności polegające na coraz lepszym rozumieniu świata, w najbardziej ogólnym sensie. Pięknie ujął to Michał Heller w swojej książce *Jak być uczonym*: „Jeśli ignorancja jest ciemnością umysłu, to wiedza jest jego światłem, a studiowanie i uprawianie nauki, choć wymagają nakładu sił i przezwyćżenia wielu słabości, są zanurzeniem się w świetle”².

Drugim powodem, znacznie bardziej pragmatycznym, związanym już nie tyle z rozwijaniem i wzbogacaniem własnej osobowości, co ze zdobywaniem konkretnej wiedzy specjalistycznej, jest fakt, że wykłady często bywają jedyną szansą osiągnięcia w danej dziedzinie aktualnie dostępnego poziomu wiedzy. Oczywiście po to, żeby potem, samodzielnie zrobić krok dalej.

Mówiąc o relacjach łączących wykładowców i słuchaczy, nie sposób nie wspomnieć tutaj, o właściwym stosunku do studentów. Patrząc z pewnej perspektywy, można stwierdzić, że przekazując wiedzę i ucząc studentów, w naturalny sposób zajmujemy miejsce w długim łańcuchu powiązanych ogni, łącząc naszych nauczycieli i naszych uczniów. I znowu trzeba tu zauważyć za Hellerem, że dydaktyka nie może być jedynie uciążliwym dodatkiem do pracy naukowej. Ciągłość nauki ma swoje praktyczne wymiary. Uczymy przecież studentów, którzy w przyszłości mają spełniać bardzo ważne funkcje. To oni będą musieli rozwiązać problemy, z którymi my dzisiaj nie potrafimy sobie poradzić. Oni też w końcu zastąpią nas samych, będą prowadzić dalej rozpoczęte przez nas prace, będą musieli wykształcić kolejnych uczniów i studentów. I zrobią to. Traktujmy więc pracę wykładowcy jak ważną misję, którą przecież jest w rzeczywistości.

² M. HELLER: *Jak być uczonym*. Kraków: Wyd. Społeczny Instytut Wydawniczy Znak, 2009.

5. O komunikacji

Za dobrze rozumianą dbałość o dobro studentów należy uznać zwłaszcza dbałość o ustawiczne doskonalenie własnego warsztatu dydaktycznego, a zwłaszcza o jak najlepszy kontakt ze studentami, szczególnie w czasie wykładu. Wbrew powszechnej opinii, komunikacja pomiędzy wykładowcą a słuchaczami w czasie wykładu wcale nie jest komunikacją jednostronną. Co prawda, zdarza się (niestety wcale nie aż tak rzadko), że wykładowca nie szuka kontaktu z audytorium, zajmuje się wyłącznie pisaniem na tablicy lub tylko komentuje (nie daj Boże czyta) to, co przygotował w ramach prezentacji. Wówczas komunikacja jest rzeczywiście jednostronna, zubożona i nieefektywna, a wykłady i wykładowca szybko zyskują wśród studentów złą opinię. Dobry wykładowca nawiązuje kontakt z audytorium od pierwszej chwili i utrzymuje go przez cały czas trwania wykładu, wsłuchując się w komunikaty zwrotne płynące z audytorium. Oczywiście nie chodzi tu tylko o komunikację werbalną, polegającą na wygłaszaniu wykładu, lub wyświetlaniu i omawianiu kolejnych slajdów prezentacji oraz na odpowiadaniu na pytania zadawane wykładowcy. Bardzo istotne komunikaty niewerbalne przesyłane są wieloma kanałami równocześnie i w obie strony. Pierwszym ważnym sygnałem wysyłanym do audytorium, zanim jeszcze wykładowca zdąży się odezwać, jest jego postawa i mimika. Znaczenie tego „wstępu” często bywa niedoceniane. Postawa wykładowcy musi być otwarta, wyrażać pewność siebie i szacunek dla audytorium. Obserwując pojawiającego się nieznanego nam wykładowcę, z dużą dozą pewności można przewidzieć jak będzie prowadzony wykład. Wykładowca, który nie wie co zrobić z rękami lub nieświadomie wykonuje gesty defensywne, buduje i chowa się za barierami, automatycznie przestaje być wiarygodny, choćby był nawet uznanym autorytetem naukowym. Mimo dużej wiedzy i istotnych informacji, które oferuje, nie znajdzie zainteresowania studentów i potencjalna nośność wykładu zostaje zrujnowana. Olbrzymie znaczenie dla efektywności przekazu ma także umiejętne operowanie intonacją i modulacją głosu, wyrazistość mimiki, a zwłaszcza gestykulacja. Bardzo dobrze, jeśli potrafimy świadomie generować odpowiednie komunikaty niewerbalne, ale najlepiej jest, jeśli potrafimy przyjąć odpowiednią postawę w stosunku do prowadzonego wykładu. Jeśli sami będziemy zaangażowani emocjonalnie i będzie nam zależało, żeby jak najlepiej wprowadzić temat i przedstawić go studentom, odpowiednie komunikaty niewerbalne zostaną wygenerowane automatycznie, zyskując nam uwagę i przychyłność audytorium. Jeśli zaś będziemy znudzeni kolejnym wygłaszaniem tych samych treści, studenci

z całą pewnością podzielił to nastawienie i — w rezultacie — nasz czas zostanie po prostu zmarnowany.

Zasadnicze znaczenie w utrzymaniu kontaktu z audytorium ma umiejętność odczytywania i rozpoznawania komunikatów generowanych niejako w wyniku naszych działań. Bez przesady można powiedzieć, że ze strony widowni, płynie do nas ciągle rzeka komunikatów niewerbalnych. Będąc wyczulonym na reakcje słuchaczy, wiemy czy nadążają za tokiem wykładu i rozumieją treści, czy też zgubili się już dawno, wiemy czy się nudzą, czy uważają wykład za interesujący, otrzymujemy wskazówki czy możemy już podążać dalej, czy należy jeszcze skupić się na wyjaśnieniu konkretnych kwestii, wiemy czy możemy oczekiwać jeszcze koncentracji, czy konieczne jest chwilowe rozluźnienie i powinniśmy dać słuchaczom chwilę oddechu. Korzystając z tego swoistego sprzężenia zwrotnego możliwe staje się dopasowanie naszych działań do możliwości i oczekiwań słuchaczy. Działamy wówczas jak jeden organizm.

Doskonałym zabiegiem, znakomicie wzmacniającym kontakt z audytorium oraz skuteczność przekazu, jest zastosowanie w trakcie wykładu eksperymentu ilustrującego jego treści. Narzędzie to jest wykorzystywane przez większość dobrych wykładowców. Świetnym wykładowcą, dbającym o dobry kontakt z audytorium był na przykład fizykochemik niemiecki Walther Nernst, twórca trzeciej zasady termodynamiki. Lubił on, oprócz posługiwania się doświadczeniem, ubarwiać swoje wykłady rozmaitymi anegdotami, które studenci wspominali nawet po latach.

W roli wykładowcy czuł się znakomicie również Michael Faraday, który wspaniale przygotowywał wykłady ilustrując je genialnie prostymi i starannie dobranymi eksperymentami. Są one do dziś wzorami doskonałej popularyzacji nauki dla szerokiej publiczności. Łatwo można się o tym przekonać zaglądając do książki *Dzieje świecey*³, tłumaczonej również na język polski, która powstała właśnie na bazie wykładów Faradaya.

Za najbardziej spektakularny sukces, a nawet swego rodzaju ewenement, należy jednak uznać wykłady prowadzone przez Williama Thomsona (późniejszy lord Kelvin). Prowadząc przez 53 lata Katedrę Filozofii Naturalnej na Uniwersytecie w Glasgow, wykladał on dwa razy dziennie przez cztery dni w tygodniu. Robił to doskonale, pokazując na wykładach wiele świetnych, widowiskowych doświadczeń, które stanowiły o ich urodzie. Eksperymentom dydaktycznym, ich znaczeniu i właściwym wykorzystaniu w czasie wykładów poświęcimy trochę więcej uwagi.

³ M. FARADAY: *Dzieje świecey*. Wyd. Prószyński i S-ka SA, wyd. polskie, 1997.

6. O eksperymentach

Usłyszałem i zapomniałem, zobaczyłem i zapamiętałem, zrobiłem i zrozumiałem.

Ta myśl, przypisywana Konfucjuszowi, znakomicie oddaje znaczenie posługiwania się eksperymentem jako środkiem dydaktycznym. Eksperyment jednak ma znacznie istotniejsze znaczenie w rozwoju nauki w ogóle.

Rozwój myśli i nauki mierzy się nie tylko datami narodzin wielkich teorii, ale również datami wielkich eksperymentów, które weryfikują teorie i określają kierunki rozwoju nauki. W historii przeprowadzono wiele eksperymentów, które pozwoliły nauce wycofać się ze ślepych uliczek, w które prowadziły ją błędne teorie i skierować myśl na właściwą drogę. Co prawda, żadna ilość eksperymentów nie może dowieść bezspornie słuszności teorii, ale wystarczy tylko jeden, by dowieść, że teoria jest błędna! Tak stało się w przypadku eksperymentów Michaiła Łomonosowa i Antoine’a Lavoisiera, które w XVIII wieku obaliły ostatecznie teorię flogistonu, czy słynnego doświadczenia Michelsona–Morleya, które, wykonane pod koniec XIX wieku, doprowadziło do porzucenia koncepcji eteru.

Eksperyment i teoria łączą się w nierozzerwalnym cyklu, kreując się nawzajem i umożliwiając docieranie do prawd uniwersalnych. Obserwacje, jakich dostarcza eksperyment, muszą zostać prawidłowo zinterpretowane, co z kolei możliwe jest tylko w ramach określonej teorii. W przeciwnym razie pozostaną tylko zbiorem bezużytecznych faktów i nie przybliżą nas ani o krok do zrozumienia czegokolwiek. Kluczowe znaczenie ma tu oczywiście poprawność zastosowanej interpretacji. Mieszkając na Ziemi i podróżując w ten sposób przez bezmiar kosmosu bierzemy odwieczny udział w swoistym eksperymencie, a jego wyniki — Słońce poruszające się po nieboskłonie oraz Księżyc i gwiazdy wędrujące po firmamencie, obserwujemy co dzień i co noc. A jednak przez tysiąclecia nie potrafiliśmy zrozumieć co widzimy! Nowe światło na codzienne obserwacje rzuciło dopiero słynne dzieło Mikołaja Kopernika, *De revolutionibus orbium coelestium*, które otworzyło drogę nowej teorii i zmieniło na zawsze sposób myślenia o naszym miejscu we wszechświecie.

6.1. Najpiękniejsze eksperymenty wszech czasów

Z okazji ogłoszonego w roku 2005 Światowego Roku Fizyki, poproszono fizyków o wytypowanie najpiękniejszych i najważniejszych eksperymentów w historii nauk przyrodniczych. Powstała w ten sposób listę najpiękniejszych eksperymentów wszech czasów opublikowało czasopismo „Physics World”.

Patrząc na eksperymenty, które znalazły się w pierwszej dziesiątce, rzeczywiście trudno odmówić im urody. Składa się na nią elegancka prostota i doniosłe znaczenie każdego z nich. Na „top listę” trafiły doświadczenia z trzech tysiącleci. Jest tu zatem doświadczenie Eratosthena z 297 roku p.n.e., w którym — mierząc długość cienia kołka wbitego w ziemię w Aleksandrii — potrafił wyliczyć obwód kuli ziemskiej. Są aż dwa doświadczenia Galileusza dotyczące ruchu ciał, które pozwoliły uwolnić ówczesną naukę od już krępującego ją wówczas autorytetu Arystotelesa i jest doświadczenie wielkiego Izaaka Newtona, ukazujące złożoność światła białego. Wysokie miejsca zajmują wykonane w XIX wieku doświadczenia Younga z interferencją światła i doświadczenie Foucaulta z wahadłem zawieszonym w paryskim Panteonie, które było pierwszym bezpośrednim dowodem, że Ziemia się obraca. Z ostatniego stulecia, wybrano do grona najlepszych eksperyment Millikana, w którym niezwykle prosto wyznaczono wartość ładunku elementarnego; eksperyment Rutherforda, który doprowadził do odkrycia jądra atomowego (oba wykonane niedługo po *Annus mirabilis* Einsteina) i wreszcie, najmłodszy z tej listy, zajmujący pierwszą pozycję, piękny eksperyment Davissona i Germera z interferującymi wiązkami elektronów, pokazujący falowe własności cząstek.

Zadziwiające jak wiele z historycznych eksperymentów można dziś z łatwością powtarzać czyniąc z nich ilustracje wykładów uniwersyteckich, a nawet szkolnych lekcji fizyki. Wróćmy zatem do dydaktyki.

6.2. Eksperyment w dydaktyce

Dobre przygotowanie eksperymentu, przeprowadzenie go i wykorzystanie jako elementu wykładu, jest jednak sprawą co najmniej trudną. Pomijając nawet konieczność posiadania odpowiedniego wyposażenia i zaplecza technicznego, samo zaprojektowanie eksperymentu jest nie lada sztuką. Od dobrego eksperymentu oczekuje się bowiem bardzo

wiele — powinien on być prosty, udany, jednoznaczny, krótki i przekonujący, jego przebieg powinien być łatwy do obserwowania i oczywiście powinien on podkreślać tylko te aspekty wykładu, o które akurat nam chodzi. Naturalnie, wyniki eksperymentu powinny umożliwić nam sformułowanie oczekiwanej myśli, zasady, zależności czy wręcz prawa przyrody lub — co najmniej — powinny uzasadnić i uwiarygodnić tezy stawiane na wykładzie.

Formułując te uwagi w konwencji dekalogu można zapisać jako dziesięć wymagań stawianych dobrym eksperymentom. W wielu dyskusjach ze studentami i nauczycielami, na pytanie jaki powinien być dobry eksperyment dydaktyczny, padały najczęściej odpowiedzi:

- **Na temat.** Eksperyment powinien odnosić się do właśnie przerabianych treści wykładu i zostać odpowiednio omówiony pod tym kątem. Powinien też być wykonany „na bieżąco”. Grupowanie w bloki wielu eksperymentów prezentowanych na jednym wykładzie nie jest wskazanym zabiegiem.
- **Prosty.** Do realizacji powinny zostać użyte maksymalnie proste środki. Wynikiem eksperymentu powinna być jedna, bezpośrednia obserwacja. Wszelkiego rodzaju „czarne skrzynki” i skomplikowana aparatura zastosowane w eksperymentach powodują, że staje się on nieprzekonujący. Najlepiej, gdy obserwacja, o którą nam chodzi, jest jedynym wynikiem eksperymentu.
- **Udany.** Lepiej w ogóle nie pokazywać eksperymentu, nad którym nie panujemy. Tłumaczenie dlaczego coś się nie udało rujnuje zaufanie do wyników eksperymentu w ogóle, zabiera czas, rozprasza uwagę i nie stawia nas w dobrym świetle.
- **Jednoznaczny.** Eksperyment nie może pozostawić wątpliwości co do jego wyniku. Musi być powtarzalny (jeśli istnieje możliwość powtórzonego przeprowadzenia) a obserwowane wyniki muszą być jednoznaczne.
- **Czytelny.** Układ eksperymentalny musi być właściwie wyeksponowany i dobrze widoczny. Efekty eksperymentu powinny być wyraźne i łatwo obserwowalne. Cały układ powinien zostać omówiony przed wykonaniem eksperymentu.
- **Krótki.** Eksperymenty wymagające dłuższego zaangażowania uwagi, gromadzenia danych i wielokrotnego zmieniania parametrów, nie nadają się do stosowania w czasie wykładu. Gra może być niewarta świeczki i osiągnięte korzyści mogą nie zrekompensować utraconego czasu.
- **Zrozumiały.** Idea i konstrukcja eksperymentu, podobnie jak jego interpretacja, musi wynikać z posiadanej już wiedzy. Wnioski wyciągnięte z przebiegu eksperymentu nie powinny być obwarowane zbyt dużą ilością założeń.

- **Efektowny.** Eksperyment powinien przyciągać uwagę pierwiastkiem nowości. Obserwacje i wyniki nie powinny być zbyt oczywiste, a jeśli są całkowicie intuicyjne, to interpretacja musi mieć walor oryginalności. Eksperymenty dowodzące rzeczy oczywistych i nie budzących żadnych wątpliwości skutecznie zabijają atrakcyjność wykładu i sens ich wykonywania.
- **Atrakcyjny.** Prezentacja eksperymentu powinna nieść ładunek emocjonalny. Można osiągnąć to za pomocą efektownego przebiegu eksperymentu, oryginalnej koncepcji i realizacji, wykorzystania osób z audytorium w czasie prezentacji eksperymentu lub uzyskując zaskakujące rezultaty.
- **Odpowiednio omówiony i podsumowany.** Obserwacje dokonane w czasie przebiegu eksperymentu powinny zostać zwerbalizowane. Nazwanie rzeczy po imieniu pozwala na precyzyjne określenie problemu i myślenie w kategoriach rozważanego zagadnienia. Tak sformułowane obserwacje powinny pozwolić na wyciągnięcie pożądaných wniosków, a przynajmniej podbudować i wzmocnić wiarygodność stawianych tez.

6.3. Funkcje eksperymentu

Przygotowanie i przeprowadzanie eksperymentów spełniających takie wymagania musi wiązać się z dużym nakładem pracy. Dlaczego warto zadawać sobie taki trud?

Eksperymenty fizyczne wykonywane w czasie wykładów spełniają wiele niezwykle istotnych funkcji, a ich wpływ na skuteczność nauczania trudno wprost przecenić. Oprócz oczywistej — poznawczej funkcji eksperymentu jako źródła wiedzy oraz pogładowej ilustracji przedstawianych zjawisk i praw fizyki, służy on również jako narzędzie pozwalające w sposób istotny podnieść atrakcyjność samego wykładu. Przeprowadzany eksperyment ułatwia skupienie i utrzymanie uwagi studentów na omawianym temacie, a obserwacja i dyskusja jego przebiegu umożliwia lepsze zrozumienie omawianych zjawisk i praw fizycznych, którym podlegają.

Inną, niezwykle ważną funkcją eksperymentu, jest umożliwienie trwałego zapamiętywania nowo nabywanej wiedzy dzięki równoczesnemu wykorzystaniu wielu zmysłów i kanałów percepcji w czasie jego przeprowadzania. Przyswajanie i zapamiętywanie nowych pojęć odbywa się w sposób kontekstualny, co znakomicie poprawia skuteczność zapisywania ich w pamięci.

Analizując efektywność i trwałość tych procesów w odniesieniu do nowo zdobywanych informacji (rys. 1), eksperyment stosowany przez wykładowcę w kontekście jego funkcji poznawczej i interpretacyjnej, okazuje się środkiem najbardziej skutecznym spośród wszystkich nieangażujących słuchaczy w sposób czynny. Jeszcze lepsze rezultaty można uzyskać, jeśli umożliwi się studentom czynny udział w projektowaniu, przygotowaniu i prezentowaniu eksperymentu, a także w interpretowaniu dokonanych obserwacji. Tak zastosowany eksperyment okazuje się najlepszym z wszystkich możliwych środków dydaktycznych w ogóle i pozwala na osiągnięcie najlepszych rezultatów w zrozumieniu i utrwaleniu przyswajanych treści.



RYСУNEK 1. Piramida zapamiętywania wg Dale'a

ŹRÓDŁA: Za E. DALE: *Audiovisual Methods in Teaching*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1969; J. JAROSZ: *Partnerzy w nauce. Kształtowanie kompetencji kluczowych w nauczaniu fizyki*. Wyd. UŚ, Katowice, 2010.

Eksperyment edukacyjny może i powinien być użyty także do wprowadzania studentów do stosowania prawidłowej metodologii naukowej, polegającej na obserwowaniu zjawisk, tworzeniu hipotez, weryfikowaniu ich eksperymentem i tworzeniu nowych hipotez, które wymagają projektowania nowych eksperymentów, aby mogły być zweryfikowane.

Kluczowe znaczenie eksperymentu w fizyce dobrze oddają dwie anegdoty przytoczone w książce A.K. Wróblewskiego: Feliks Bloch wspominał, że spacerując pewnego razu z Wernerem Heisenbergiem,

dyskutował z nim na temat przestrzeni. Będąc pod wrażeniem niedawnej lektury, oświadczył w pewnej chwili:

- „Przestrzeń jest po prostu polem operacji liniowych”.
- „To nonsens” — odparł Heisenberg — „przestrzeń jest niebieska i fruwią w niej ptaki!”.

Heisenberg uważał, że używanie do opisu przyrody pojęć abstrakcyjnych, odległych od wyników rzeczywistych obserwacji i eksperymentów, jest dla fizyka rzeczą niebezpieczną.

Zagubienie się w formalizmach jest tym bardziej niebezpieczne dla studentów, których wiedza nie jest jeszcze tak dobrze ugruntowana. Odwoływanie się na wykładach do przeprowadzanych eksperymentów wydaje się być skutecznym panaceum na takie i podobne zagrożenia.

Różne podejścia do zagadnień fizycznych przedstawia popularna anegdota, w której występuje znany głównie ze swych dokonań na polu fizyki eksperymentalnej, słynny włoski uczony Enrico Fermi:

Pewien student, pracujący nad swą rozprawą dyplomową, napotkał spore trudności w rozwiązaniu jakiegoś zagadnienia i postanowił zwrócić się z prośbą o wyjaśnienie do Roberta Oppenheimera. Wielki „Oppie” wygłosił dwugodzinny, olśniewający wykład matematyczny i podał rozwiązanie; student wprowadził niewiele z tego zrozumiał, ale odszedł zadowolony, że istnieją wielkie umysły, zdolne do rozwiązywania problemów niedostępnych dla zwykłych śmiertelników. Postanowił jednak zapytać jeszcze o zdanie wybitnego teoretyka Juliana Schwingera. Temu rozwiązanie zagadnienia zajęło mniej niż godzinę, a ponadto udało mu się wyjaśnić je tak przystępnie, że student zrozumiał wszystko i wyszedł zadowolony, że istnieją wielkie umysły, zdolne do przedstawiania trudnych problemów w formie zrozumiałej dla zwykłych śmiertelników.

Wracając ze spotkania ze Schwingerem, student spotkał Enrica Fermiego i już trochę „dla sportu” przedstawił mu to samo zagadnienie. Fermi w parę minut wyjaśnił mu je tak, że student odszedł wściekły na siebie, iż nie potrafił samodzielnie rozwiązać czegoś tak prostego.

Dekalog, czyli o czym warto pamiętać prowadząc wykłady

1. Mamy tylko jedną szansę na pierwsze wrażenie — nie zmarnujmy jej.
2. Zadbajmy o to, aby być dobrze widzianym i słyszonym.
3. Nie przeceniajmy nigdy wiedzy słuchaczy, ale doceniajmy inteligencję.
4. Bądźmy w kontakcie z audytorium — zwracajmy uwagę na sygnały zwrotne.
5. Dbajmy o sympatię i szacunek słuchaczy.
6. Pamiętajmy o właściwym tempie wykładu.
7. Za każdym razem odkrywajmy Amerykę.
8. Doprawiajmy wszystko entuzjazmem.
9. Nie zapominajmy, że oprócz formalizmu istnieje także rzeczywistość.
10. Wykorzystujmy uniwersalną potęgę eksperymentu.

Jerzy Jarosz

On Lectures and Experiments The Role of Experiments in Didactics

S u m m a r y

Thinking about a lecture we are supposed to prepare and conduct, we usually focus on essential facts and content that we want to convey to students. Usually, we take care how to arrange and think over the messages that we are going to convey verbally. Seldom do we consider how to plant our thoughts in students' minds. We tend to forget about cooperation with the audience, eye contact maintenance, a positive feedback, suitable attitude towards the audience and our own lecture, as well as non-verbal messages unintentionally expressed and sensed by the audience, or techniques and tools we might use to render our lecture interesting. Rarely do we make any effort to improve the efficiency of our ways by examining them from students' points of view. However, it is those assumptions that build the quality of lectures we conduct, as well as shape our didactic skills. They render us good and appreciated lecturers, otherwise we tend to invite boredom to lecture halls where students go, for they are obliged to do so. Therefore, it is worth to rethink the aspects of academic teaching which are the subject of this article, or at least check how familiar we are with the assumptions that conclude this paper.

Jerzy Jarosz

Zu Vorträgen und Experimenten Wozu brauchen wir ein Experiment in der Didaktik?

Z u s a m m e n f a s s u n g

Denkt man über den Vortrag nach, den man vorbereiten und halten muss, konzentriert man sich gewöhnlich auf dessen sachliche Seite und auf Informationen, die den Studenten beigebracht werden sollten. Man sorgt dabei darum, den Gegenstand des Vortrags richtig zu planen, zu durchdenken und verbal zu vermitteln. Selten denkt man aber daran, auf welche Weise der Lehrstoff den Hörern beigebracht werden sollte. Man vergisst die eine Zusammenarbeit mit dem Hörsaal betreffenden Sachen: Kontaktaufnahme und Rückkoppelung, richtige Haltung zu den Hörern und zu eigenem Vortrag, nonverbale unwillkürliche Kommunikation (Körpersprache) oder die den Vortrag attraktiver machenden Methoden. Es ist auch selten der Fall, dass man die Meinungen der Hörer berücksichtigend seinen Vortrag zu verbessern versucht. Doch gerade die genannten Faktoren entscheiden über die Qualität des Vortrags und mit der Zeit prägen die von den Lehrern angewandten didaktischen Methoden. Sie verursachen, dass man für einen guten und beliebten Hochschullehrer und nicht für einen Langweiler gehalten ist, dessen Vorlesungen von den Studenten nur gezwungenermaßen besucht werden. Es lohnt sich also, die genannten Aspekte der Hochschullehrarbeit zu durchdenken und mindestens zu prüfen, ob man die wichtigsten, in Form eines Dekalogs am Ende des Kapitels vorgebrachten Empfehlungen in Erinnerung hat.